

多結晶ホイスラー合金薄膜 CPP-GMR 素子の作製

中谷友也、李松田、桜庭裕弥、古林孝夫、宝野和博
(物質・材料研究機構)

Fabrication of CPP-GMR devices using poly-crystalline Heusler alloy films
Tomoya Nakatani, Songtian Li, Yuya Sakuraba, Takao Furubayashi, and Kazuhiro Hono
(National Institute for Materials Science)

はじめに

電流面直巨大磁気抵抗 (CPP-GMR) の磁気抵抗特性向上のために、Co 基ホイスラー合金が有効であることが知られている。これまでに室温 50%を超える磁気抵抗 (MR) 比が報告された全ての CPP-GMR 素子は、MgO(001)単結晶基板上に成長させたエピタキシャル薄膜を用いたものであり、高温 (>500 °C) での熱処理が可能であるため、高い L_2_1 規則が実現され、高いスピン分極率が得られる。一方で、磁気ヘッドなど実用デバイスでは、多結晶薄膜を用いることが必須であり、適用可能な熱処理温度は 300 °C 程度である。そのため、CPP-GMR を用いた磁気ヘッドや磁場センサーの実現には、多結晶薄膜かつ比較的低温熱処理で、高い CPP-GMR 値が得られる材料系およびプロセスの開発が必要である。本研究では、 $\text{Co}_2(\text{Mn,Fe})\text{Ge}$ ホイスラー合金と Ag 系合金のスペーサー層を用いた多結晶 CPP-GMR 素子を作製した。

実験方法

Cu 電極上に、スパッタリングにより擬スピバルブおよび交換バイアスピバルブを作製した。擬スピバルブ薄膜の構造は、 $\text{Ru}(2)/\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}(1)/\text{CoFeBTa}(0-1.2)/\text{Co}_2(\text{Mn,Fe})\text{Ge}(5) / \text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}(0.4)/\text{Ag}_{90}\text{Sn}_{10}(4)/\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}(0.4)/\text{Co}_2(\text{Mn,Fe})\text{Ge}(5)/\text{Co}_{50}\text{Fe}_{50}(1)/\text{Ru}(8)$ cap (組成は at. %, 膜厚は nm) である。 $\text{Co}_2(\text{Mn,Fe})\text{Ge}$ の実際の組成は、 $\text{Co}_{51}\text{Mn}_{13}\text{Fe}_8\text{Ge}_{28}$ (at. %)であった。成膜はすべて室温で行い、その後真空中で 300 °C, 3 h の熱処理を行った。AgSn スペーサー中の Sn は、平坦な多結晶薄膜を得るために添加されている[1]。CoFeBTa はアモルファス軟磁性材料であり、下地として用いることによりホイスラー層の規則化を促進し、MR を向上させることが報告されている[2]。

結果

図 1 (a)に擬スピバルブの磁気抵抗曲線を示す。面積抵抗 (RA) は $30 \text{ m}\Omega \mu\text{m}^2$ 程度、MR 比は 25%であった。図 1 (b)は $\text{Co}_2\text{Fe}(\text{Ge,Ga})$ を用いたエピタキシャル素子[3]における磁気抵抗面積積 (ΔRA) - 熱処理温度との比較であるが、本研究の多結晶素子は、300 °C 熱処理においては、エピタキシャル素子を超える ΔRA を示す。これは主に、ホイスラー合金に $\text{Co}_2(\text{Mn,Fe})\text{Ge}$ を用いた効果であり、 $\text{Co}_2\text{Fe}(\text{Al,Si})$ 、 $\text{Co}_2\text{Fe}(\text{Ge,Ga})$ [4]、また $\text{Co}_2(\text{Fe,Mn})\text{Si}$ 合金を用いた多結晶素子では芳しい結果は得られていない。X 線回折から、300 °C で熱処理された $\text{Co}_2(\text{Mn,Fe})\text{Ge}$ 膜は B2 構造であることがわかった。

また、積層フェロ構造をもつスピバルブ素子においても、 $RA \sim 65 \text{ m}\Omega \mu\text{m}^2$, MR 比 9%と比較的良好な MR 特性が得られた。

以上、 $\text{Co}_2(\text{Mn,Fe})\text{Ge}$ 合金を用いることで、300 °C の熱処理においてエピタキシャル素子以上の CPP-GMR 特性を示す多結晶素子を作製することは可能であり、導電酸化物スペーサーの適用などにより、今後さらなる性能改善が期待される。

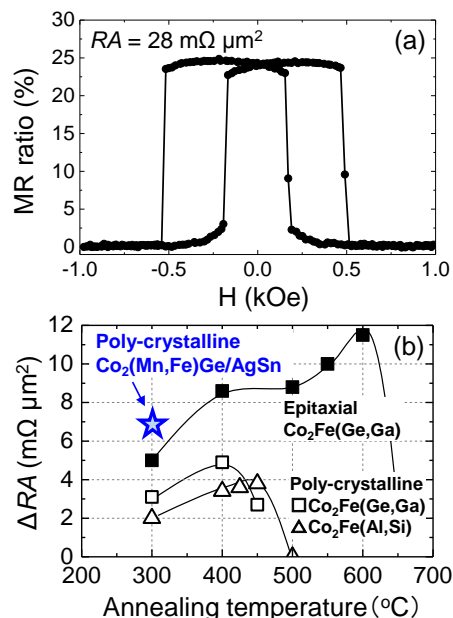


図 1 (a) $\text{Co}_2(\text{Mn,Fe})\text{Ge}$ ホイスラー合金と AgSn スペーサー擬スピバルブの磁気抵抗曲線。(b) 本結果と過去の ΔRA - 熱処理温度の報告値との比較。

- [1] Read et al., J. Appl. Phys. 118, 043907 (2015). [2] Brinkman et al., US Patent 8,611,053. [3] Li et al., Appl. Phys. Lett. 103, 042405 (2013). [4] Nakatani et al., Acta Mater. 61, 3695 (2013).